

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

1. Kirchhoff e Ohm

$$\sum_k I_k = 0 \quad \sum_k V_k = 0 \quad V = IR \quad P = \frac{V^2}{R}$$

- Nó → soma algébrica das correntes nula. Malha fechada → soma algébrica das tensões nula. São duas leis: correntes e tensões.
- Série → mesma corrente; somam-se tensões. Paralelo → mesma tensão; somam-se correntes.
- Ex.: entram 2 A e 0,5 A; saem 2,5 A. Não somar apenas módulos numa malha.

V, V_k : tensão; índice k identifica cada ramo/percurso (V); I, I_k : corrente; índice k identifica cada ramo (A); R : resistência (Ω); P : potência dissipada (W).

Sentidos e sinais definidos; potência em carga resistiva.

Exemplos: catl-1, catl-2, catl-3, catl-4, catl-294, catl-296

2. Associações R, C e L

$$R_{eq} = \sum_k R_k \quad R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad C_{eq} = \sum_k C_k$$

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad L_{eq} = \sum_k L_k \quad \frac{1}{L_{eq}} = \sum_k \frac{1}{L_k}$$

- C em série: somam-se os inversos. Em paralelo: somam-se capacidades. N iguais em série → C/N.
- L e R: série soma; paralelo soma dos inversos. N bobinas iguais em paralelo → L/N.
- Ex.: 20 μF e 50 μF em série → 14,3 μF ; três bobinas de 10 mH em paralelo → 3,33 mH.

R : resistência (Ω); C : capacidade (F); L : indutância (H); eq. 1, 2, k: índices: equivalente, componentes 1 e 2, componente genérico k ; N: número de componentes iguais (sem unidade). Componentes ideais; bobinas sem acoplamento mútuo.

Exemplos: catl-70, catl-71, catl-72, catl-73, catl-74

3. Reactância e fase

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad X_L = 2\pi f L$$

- C ideal → corrente adianta 90°. L ideal → corrente atrasa 90°. R ideal → tensão e corrente em fase.
- ↑ f: ↓ X_C e ↑ X_L . ↑ C: ↓ X_C . ↑ L: ↑ X_L .
- Quadratura = 90°; oposição = 180°; em fase = 0°. Reactância ideal armazena/devolve energia; perdas resistivas dissipam.

f : frequência (Hz); C : capacidade (F); L : indutância (H); X_C : reactância capacitiva (Ω); X_L : reactância indutiva (Ω); R : resistência (Ω). Referência de fase: tensão.

Exemplos: catl-15, catl-16, catl-17, catl-33, catl-34, catl-35, catl-37, catl-328

4. Impedância e ressonância

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad X_L = X_C$$

- Ressonância → $X_L = X_C$; parte reactiva total nula. RLC série: impedância mínima, igual a R no modelo.
- RLC paralelo: comportamento na ressonância depende da topologia e das perdas; não aplicar a expressão série à bobina com perdas em paralelo.
- Para tornar uma impedância resistiva, compensar a sua componente reactiva.

$Z, |Z|$: impedância complexa e respectivo módulo (Ω); R : resistência (Ω); X_L, X_C : reactâncias indutiva e capacitiva (Ω); L : indutância (H); C : capacidade (F); f_0 : frequência de ressonância (Hz); φ : fase da tensão relativamente à corrente (rad ou °); j : unidade imaginária, $j^2 = -1$ (sem unidade). Modelo RLC série.

Exemplos: catl-83, catl-85, catl-91, catl-93, catl-94, catl-95, catl-250

5. Condensadores reais e RF

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

- ↑ área ou permissividade → ↑ C; ↑ separação → ↓ C.
- Modelo real: capacidade + resistência série (ESR) + indutância parasita (ESL). Em RF, um condensador pode deixar de se comportar capacitivamente.
- Acoplamento: passa variação e bloqueia DC. Desacoplamento: desvia RF/ruído para a referência; filtragem reduz ondulação.

C : capacidade (F); ϵ : permissividade do dieléctrico (F/m); A : área de sobreposição das placas (m^2); d : separação entre placas (m). Modelo de placas paralelas.

Exemplos: catl-75, catl-329, catl-330

6. Bobinas, Q e acoplamento

$$L \approx \frac{\mu N^2 A}{\ell} \quad Q = \frac{X_L}{R_s}$$

- ↑ N, μ ou área → ↑ L. Menor resistência de perdas → maior Q.
- Eixos perpendiculares reduzem acoplamento. Toroide confina grande parte do fluxo; material, frequência e saturação limitam o modelo.
- Capacidade entre espiras causa auto-ressonância. Efeito pelicular aumenta a resistência AC em RF.

L : indutância (H); μ : permeabilidade do núcleo (H/m); N : número de espiras (sem unidade); A : área da secção (m^2); ℓ : comprimento do solenoide (m); Q : factor de qualidade (sem unidade); X_L : reactância indutiva (Ω); R_s : resistência de perdas em série (Ω). Modelo de solenoide; perdas representadas em série.

Exemplos: catl-36, catl-38, catl-39, catl-40, catl-41, catl-76, catl-77, catl-279

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

7. Transformadores ideais

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \quad \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} \quad \frac{Z_p}{Z_s} = \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 \quad P_p = P_s$$

- Tensão acompanha espiras; corrente varia inversamente. A frequência mantém-se. Transferência por indutância mútua e fluxo variável.
- Ex.: $120 \text{ V} \times 500/2250 \rightarrow 26,7 \text{ V}$. $10 \text{ A} \times 100/1000 \rightarrow 1 \text{ A}$.
- Adaptação de 15Ω para 50Ω : $N_s/N_p = \sqrt{(50/15)} \approx 1,83$. Modelo despreza perdas e magnetização.

V_p, V_s : tensões eficazes do primário e secundário (V); I_p, I_s : correntes eficazes do primário e secundário (A); N_p, N_s : números de espiras do primário e secundário; Z_p, Z_s : impedâncias vistas no primário e secundário (Ω); P_p, P_s : potências no primário e secundário (W). Modelo ideal; índices p/s: primário/secundário.

Exemplos: catl-42, catl-43, catl-44, catl-46, catl-47, catl-48, catl-49, catl-171

8. Díodos e polarização

$$V_{\text{queda}} \approx nV_D$$

- Directa: ânodo mais positivo; inversa: cátodo mais positivo. Bloqueio real conserva fuga e tem limite de tensão inversa.
- Dois díodos semelhantes em série e em condução $\rightarrow$ aproximadamente o dobro da queda de um.
- Rectificador: verificar tensão inversa de pico, corrente média, impulsos e dissipação. Em paralelo, resistências individuais ajudam a repartir corrente.

V_{queda} : queda total de tensão (V); V_D : queda directa num diodo (V); n : número de díodos em série (sem unidade). A: ânodo; K: cátodo. Quedas dependem da corrente e temperatura.

Exemplos: catl-52, catl-54, catl-78

9. Qual diodo escolher?

- LED $\rightarrow$ luz em condução directa; limitar corrente. Display de sete segmentos pode usar LEDs.
- Varicap $\rightarrow$ capacidade da junção varia com tensão inversa; sintonia. Zener $\rightarrow$ referência/limitação em ruptura inversa controlada.
- Schottky $\rightarrow$ junção metal-semicondutor, comutação rápida; confirmar limites. Optoacoplador $\rightarrow$ informação por luz e isolamento galvânico.

Identificar a função antes de escolher o dispositivo.

Exemplos: catl-50, catl-51, catl-53, catl-98, catl-355, catl-356

10. BJT: terminais e ganho

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad I_C \approx \beta I_B \quad I_E = I_C + I_B$$

- β é ganho de corrente, dependente do dispositivo e do ponto de funcionamento; não é ganho de tensão.
- Junção base-emissor de silício em directa: tipicamente 0,6–0,7 V. Uma leitura isolada não certifica o transístor.
- Símbolo: seta no emissor. NPN aponta para fora; PNP para dentro. As letras de uma figura podem ser marcadores e não nomes dos terminais.

β : ganho de corrente em emissor comum (sem unidade); I_B, I_C, I_E : correntes de base, colector e emissor, respectivamente (A). B: base; C: colector; E: emissor. Região activa.

Exemplos: catl-57, catl-58

11. Emissor comum e seguidor

- Emissor comum: entrada B–E; saída C–E. Em funcionamento linear típico inverte a tensão e pode ter ganho superior a um.
- Colector comum / seguidor de emissor: ganho de tensão próximo de 1; entrada elevada, saída baixa; útil como buffer.
- Resistências de polarização fixam o ponto de repouso. Capacitores de acoplamento separam níveis DC. Identificar no esquema, não pela posição na página.

B: base; E: emissor; C: colector. Comparar ponto comum em AC e terminais de entrada/saída.

Exemplos: catl-62, catl-63, catl-114, catl-115, catl-116

12. FET, MOSFET, CMOS e válvula

- FET: elevada impedância de entrada DC. No MOSFET a porta está isolada por camada fina; sensível a ESD. Zener de protecção limita sobretensão.
- CMOS = Complementary Metal-Oxide Semiconductor. Consumo estático tipicamente baixo face a TTL; comutação também consome.
- Grelha de blindagem de uma válvula reduz capacidade/acoplamento entre grelha de controlo e placa.

MOSFET: porta, dreno e fonte. BJT: base, colector e emissor.

Exemplos: catl-55, catl-56, catl-59, catl-60, catl-61, catl-64

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

13. Fontes: cadeia e regulação

- Linear: elemento de controlo varia condução para estabilizar saída; dissipa a diferença de tensão. Zener pode fornecer referência.
- Comutada: comutação a frequência elevada permite magnetismos menores; pode ser eficiente, mas gera ruído/EMI e exige filtragem.
- Condensador electrolítico filtra ondulação. Uma carga mínima pode ser necessária à regulação; não confundir regulador com rectificador.

Seguir alimentação → rectificação → filtragem → regulação → carga.

Exemplos: catl-96, catl-97, catl-98, catl-99, catl-100, catl-102, catl-103, catl-105

14. Ondulação, arranque e segurança

$$V_p = \sqrt{2} V_{rms} \quad f_r = 2f_{rede} \quad \Delta V \approx \frac{I}{f_r C}$$

- Meia onda: $f_r = f_{rede}$. Onda completa: $f_r = 2 f_{rede}$; ponte tem duas quedas de diodo no percurso de condução.
- Step-start limita corrente inicial de carga. Bleeder / resistência de drenagem descarrega condensadores após desligar.
- Desligar, descarregar e verificar tensão com instrumento. C3 de estabilidade e supressores de transitórios exigem leitura do esquema concreto.

V_p, V_{rms} : tensões de pico e eficaz (V); f_r, f_{rede} : frequências da ondulação e da rede (Hz); ΔV : ondulação de tensão pico a pico (V); I : corrente da carga (A); C : capacidade do condensador de filtro (F). Rectificação de onda completa; aproximação de pequena ondulação.

Exemplos: catl-45, catl-101, catl-104, anacom-catl-005

15. Classes A, B, AB e C

- A → 360°, todo o ciclo: baixa distorção, menor eficiência. B → cerca de 180°, meio ciclo.
- AB → entre 180° e 360°: compromisso de linearidade/eficiência. C → menos de 180°: elevada eficiência, forte distorção.
- Classe C serve sinais sintonizados de envolvente constante; AM/SSB exigem cadeia linear para preservar a envolvente.

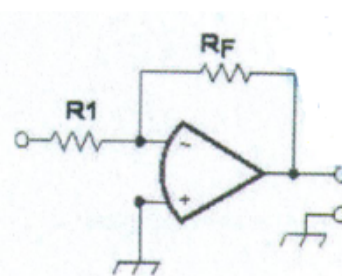
Classe descreve a fracção do ciclo em que o dispositivo conduz.

Exemplos: catl-106, catl-107, catl-108, catl-109, catl-110, catl-111, catl-175, catl-178, catl-179, catl-182

16. Push-pull e AMPOP

$$A_v = -\frac{R_f}{R_1} \quad A_v = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

- Push-pull equilibrado pode cancelar harmónicas pares. Zona morta em classe B provoca distorção de cruzamento.
- AMPOP: amplificador diferencial de elevado ganho; realimentação negativa define o ganho útil. Entrada ideal de impedância muito elevada.
- Inversor: sinal no terminal -; saída com sinal oposto. Ex.: 0,23 V e $R_f/R_1 = 10 \rightarrow -2,3$ V. Verificar alimentação, saturação e banda.



Inversor: R_1 entrada; R_f realimentação; entrada no terminal - [Figura original](#)

A_v : ganho de tensão saída/entrada (sem unidade); R_f : resistência de realimentação (Ω); R_1 : resistência de entrada no inversor ou à referência no não inversor (Ω). Modelo ideal, em regime linear.

Exemplos: catl-65, catl-66, catl-67, catl-68, catl-69, catl-112, catl-274, catl-364, catl-365

17. Detectores e áudio

- AM: detector de envolvente → diodo rectifica, RC retira RF e acompanha áudio. Detector de produto mistura com oscilação local, útil em SSB/CW.
- FM: discriminador, detector de razão ou quadratura converte frequência em áudio; envolvente isolada não é detector de FM ideal.
- Limitador restringe amplitude. Pré-ênfase realça agudos na emissão; de-ênfase atenua-os na recepção para restaurar resposta.

R : resistência (Ω); C : capacidade (F). Detecção / desmodulação recupera a informação do sinal RF modulado.

Exemplos: catl-120, catl-121, catl-123, catl-124, catl-125, catl-137, catl-154, catl-164, anacom-catl-007

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

18. Blindagem e parasitas

$$S_E = 20 \log_{10} \left(\frac{E_i}{E_t} \right) \quad S_H = 20 \log_{10} \left(\frac{H_i}{H_t} \right)$$

- Gaiola de Faraday: envolvente condutora; continuidade, juntas e aberturas contam. Coaxial combina retorno e blindagem.
- Reflexão e absorção contribuem. Alumínio/aço são condutores usados; campos magnéticos de baixa frequência podem exigir alta permeabilidade.
- Ligação de baixa impedância à referência ajuda no contexto adequado; não basta qualquer fio de terra. Em RF, considerar parasitas dos componentes.

S_E, S_H : eficácia de blindagem eléctrica e magnética (dB); E_i, E_t : campos eléctricos incidente e transmitido (V/m); H_i, H_t : campos magnéticos incidente e transmitido (A/m). Índices i/t: incidente/transmitido; comparar amplitudes na mesma unidade.

Exemplos: catl-5, catl-6, catl-7, catl-8, catl-10, catl-11, catl-12, catl-297, catl-300, catl-301

19. Materiais e parasitas em RF

- Resistência bobinada pode introduzir indutância e dessintonizar LC. Em RF preferir construção de baixa indutância; carvão versus filme depende da construção, não só do nome.
- Ferro pulverizado e ferrite: comparar permeabilidade, perdas, temperatura e frequência. A vantagem térmica referida no banco é típica, não universal entre todos os materiais.
- Ferrite de maior permeabilidade pode exigir menos espiras para a mesma L. Confirmar saturação, estabilidade e gama de utilização.

L: indutância (H); C: capacidade (F). A construção do componente e o material do núcleo condicionam o modelo ideal.

Exemplos: anacom-catl-001, catl-36, catl-337, catl-343, catl-345

20. Transformador real e transitórios

- Mesmo sem carga, o primário absorve corrente de magnetização e perdas em vazio. Saturação torna o comportamento não linear e pode gerar distorção e harmónicas.
- Condensador supressor / snubber no secundário pode reduzir picos e oscilações parasitas. A função depende da ligação e do dimensionamento.
- Não confundir supressor de picos, filtro de ondulação e referência de regulação. Num esquema, seguir o componente e os nós a que está ligado.

O modelo ideal não inclui magnetização, saturação, perdas ou picos de comutação.

Exemplos: catl-347, catl-350, catl-402

21. Comprimentos e ressonância

$$\lambda_m \approx \frac{300}{f_{\text{MHz}}} \quad \ell_{\text{dipolo}} = \frac{\lambda}{2} \quad \ell_m \approx \frac{143}{f_{\text{MHz}}} \quad \ell = \frac{\lambda}{4}$$

- Dipolo de fio: 143/f é ponto de partida com encurtamento; a meia onda ideal usa 150/f. Ajustar por medição.
- À mesma frequência, alongar dipolo inicialmente ressonante → reactância indutiva; encurtar → capacitiva.
- Dipolo dobrado: dois condutores paralelos unidos nas pontas; extensão próxima de meia onda, não universalmente menor.

λ, λ_m : comprimento de onda (m); f_{MHz} : frequência em megahertz (MHz); $\ell_{\text{dipolo}}, \ell_m$: comprimento total do dipolo (m); ℓ : altura da vertical de quarto de onda (m). Comprimento do dipolo é total; aproximações para o ar.

Exemplos: catl-185, catl-186, catl-187, catl-197, catl-395, anacom-catl-003

22. Tipos de antena

$$Z_{\text{dobrado}} \approx 4Z_{\text{simples}}$$

- Dipolo dobrado ideal de condutores iguais: impedância $\approx 4 \times$ a do simples; ordem de 300 Ω versus 75 Ω em referência.
- Yagi: reflector e directores; favorece frente e rejeita lados/trás. Vertical de ¼ onda beneficia de bons radiais.
- Loop de recepção: mais área/espiras pode elevar tensão; padrão bidireccional pode dar ambiguidade de 180°. Traps permitem multibanda, com perdas e limites.

$Z_{\text{dobrado}}, Z_{\text{simples}}$: impedâncias de alimentação dos dipolos dobrado e simples (Ω). Comparação ideal de dipolos de geometria equivalente.

Exemplos: catl-184, catl-188, catl-190, catl-200, catl-207, catl-272, catl-273, catl-286

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

23. Ganho, eficiência e área

$$\eta_{\text{ant}} = \frac{R_{\text{radiação}}}{R_{\text{radiação}} + R_{\text{perdas}}} \quad G_i = \eta D \quad A_e = \frac{G_i \lambda^2}{4\pi}$$

$$G_{\text{dBi}} \approx G_{\text{dBd}} + 2,15$$

$$\text{PIRE}_{\text{dBW}} = P_{\text{TX,dBW}} - L_{\text{linha}} + G_{\text{dBi}}$$

- Resistência total = radiação + perdas. Ganho inclui eficiência; directividade descreve concentração espacial.
- Isotrópica: referência ideal sem existência física. Antena omnidireccional real pode sê-lo apenas num plano.
- Maior ganho tende a estreitar feixe em comparações equivalentes. Reciprocidade: características de emissão/recepção correspondem nas mesmas condições.
- dBi refere isotrópica; dBd refere dipolo. PIRE usa ganho dBi e desconta perda da linha; potências em dBW e perdas em dB na expressão.

η_{ant}, η : rendimento da antena, entre 0 e 1 (sem unidade); $R_{\text{radiação}}, R_{\text{perdas}}$: resistências de radiação e de perdas (Ω); G_i, D : ganho referido à isotrópica e directividade, lineares (sem unidade); A_e : área efectiva (m^2); λ : comprimento de onda (m); $G_{\text{dBi}}, G_{\text{dBd}}$: ganhos referidos à isotrópica (dBi) e ao dipolo (dBd); PIRE_{dBW} : potência isotrópica radiada equivalente (dBW); $P_{\text{TX,dBW}}$: potência de saída do emissor (dBW); L_{linha} : perda na linha de alimentação (dB). Distinguir ganho linear, dBi e dBd.

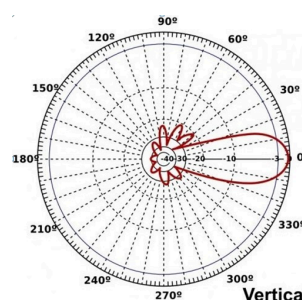
Exemplos: catl-192, catl-193, catl-194, catl-195, catl-196, catl-198, catl-199, catl-202, catl-411

24. Ler um diagrama de radiação

$$FB_{\text{dB}} = G_{\text{frente}} - G_{\text{costas}}$$

$$\text{HPBW} = |\theta_2 - \theta_1|$$

- Localizar máximo do lóbulo principal. Ler níveis na frente e a 180° pela escala radial; a diferença dá frente/costas.
- HPBW: separação angular dos dois pontos a -3 dB do máximo. Não confundir raio em dB com ângulo em graus.
- Exercitar na figura original: catl-201 (frente/costas) e catl-396 (feixe). A folha não substitui essa leitura gráfica.



Escala radial em dB; ângulos em graus. Comparar frente/costas e pontos a -3 dB do máximo. [Figura original](#)

FB_{dB} : relação frente/costas (dB); $G_{\text{frente}}, G_{\text{costas}}$: ganhos nas direcções frontal e traseira, com a mesma referência (dB); θ_1, θ_2 : ângulos dos limites de meia potência (°); HPBW: largura angular do feixe a -3 dB (°). Ângulos medidos no mesmo plano do diagrama.

Exemplos: catl-201, catl-396

25. Polarização e micro-ondas

$$\frac{G_2}{G_1} = \left(\frac{f_2}{f_1} \right)^2$$

- Propagação aproximadamente horizontal: H paralelo ao solo → E vertical; H vertical → E horizontal. Desalinhamento introduz perda.
- Parabólica: comum em SHF; mesma abertura e eficiência, duplicar $f \rightarrow$ ganho $\times 4$, cerca de +6 dB.
- Guia de onda: abaixo da frequência de corte do modo não há propagação desse modo. Não aplicar directamente a regra do coaxial.

G_1, G_2 : ganhos lineares da mesma antena nas frequências f_1 e f_2 (sem unidade); f_1, f_2 : frequências comparadas (Hz); E : campo eléctrico (V/m); H : campo magnético (A/m); f : frequência de trabalho (Hz). Comparação para a mesma abertura e eficiência. Polarização designada por E.

Exemplos: catl-183, catl-189, catl-203, catl-204, catl-205, catl-270, catl-385

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

26. Linhas, balun e adaptação

$$VF = \frac{v_{\text{linha}}}{c} \quad \ell = VF \frac{c}{4f} \quad \Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

- Coaxial não balanceado; dipolo balanceado. Balun interliga ambos; só transforma impedância se projectado com essa relação.
- Atenuação aumenta normalmente com frequência e comprimento. $VF < 1$ torna o comprimento físico menor que o eléctrico no ar.
- Sintonizador transforma a impedância vista pelo emissor; não elimina perdas nem garante eficiência. Redes T/π e transformadores podem adaptar impedâncias.
- VSWR mede adaptação, não rendimento; perdas na linha podem esconder reflexão. Γ e VSWR referem o mesmo plano de medida.

VF: factor de velocidade, razão sem unidade; **v_{linha} :** velocidade de propagação na linha (m/s); **c :** velocidade da luz no vazio, aproximadamente 3×10^8 m/s; **f :** frequência (Hz); **ℓ :** comprimento físico de linha de quarto de onda (m); **Z_L :** impedância da carga (Ω); **Z_0 :** impedância característica da linha, aqui real (Ω); **Γ , $|\Gamma|$:** coeficiente complexo de reflexão de tensão e seu módulo (sem unidade); **VSWR:** relação de onda estacionária de tensão (sem unidade). Modelo de linha com impedância característica real.

Exemplos: catl-206, catl-208, catl-209, catl-210, catl-211, catl-212, catl-213, catl-214, catl-376, catl-386, catl-387

27. Ionosfera: D, E e F

- D: absorção diurna importante em HF mais baixo. E/F podem devolver sinais à Terra por refacção; não são espelhos fixos.
- E esporádica: ionização ocasional na região E. foE e foF2: frequências críticas das respectivas camadas.
- VHF/UHF atravessam normalmente a ionosfera nas ligações a satélites; a descrição depende do mecanismo e frequência.

Condições dependem de frequência, hora, estação, actividade solar e trajecto. foE e foF2: frequências críticas das camadas E e F2 (Hz ou MHz).

Exemplos: catl-9, catl-217, catl-218, catl-222, catl-228, catl-383

28. MUF, LUF, NVIS e grey-line

$$LUF < f < MUF$$

- LUF: menor frequência utilizável; MUF: máxima utilizável. Se $LUF > MUF$, não existe janela para esse percurso HF.
- Escolher banda abaixo da MUF com margem; estar abaixo não garante ligação. NVIS usa incidência quase vertical para alcance regional.
- Grey-line: região de transição dia/noite pode favorecer certos percursos. Ângulo crítico depende da ionização e da geometria.

LUF, MUF: frequências mínima e máxima utilizáveis no percurso e momento considerados; **f :** frequência de operação; usar a mesma unidade para os três valores (Hz ou MHz). Limites dependem do percurso e do momento.

Exemplos: catl-230, catl-231, catl-232, catl-234, catl-235, catl-236, catl-237, catl-238, catl-271, catl-392

29. Sol, geomagnetismo e aurora

- Fluxo solar F10.7: emissão solar medida a 2,8 GHz. Índice K: perturbação geomagnética em intervalos curtos; não é o fluxo solar.
- Partículas solares podem provocar actividade auroral; espalhamento auroral pode permitir ligações VHF.
- Distúrbios geomagnéticos podem degradar HF. Saltos curtos nos 28 MHz podem indicar possibilidades em 50 MHz, sem certeza de abertura.

Índices descrevem aspectos diferentes; não são uma garantia de propagação. K é um índice de perturbação geomagnética, sem unidade.

Exemplos: catl-225, catl-226, catl-227, catl-229, catl-283, catl-408

30. Percursos, ecos e atmosfera

- Onda de superfície: eficácia geralmente diminui com aumento de frequência; depende do solo. Maior altura de antenas amplia horizonte rádio.
- Multipercurso: cópias com atrasos diferentes → eco e desvanecimento. HF scatter: dispersão pode produzir som oscilante e distorção.
- Inversões térmicas na troposfera afectam VHF/UHF. Chuva e gases podem causar perdas importantes em micro-ondas, sobretudo em certas faixas acima de 10 GHz.

Separar onda de superfície, linha de vista, ionosfera e multipercurso.

Exemplos: catl-220, catl-221, catl-224, catl-233, catl-239, catl-281, catl-282, catl-370, catl-409

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

31. Espaço livre e margem

$$L_{fs} \approx 32,45 + 20 \log_{10} d_{km} + 20 \log_{10} f_{MHz}$$

$$P_{RX,dBm} = P_{TX,dBm} + G_{TX} + G_{RX} - L_{total}$$

$$M = P_{RX,dBm} - P_{sens,dBm}$$

- Modelo: campo distante e caminho livre. Acrescentar cabo, terreno, polarização e desvanecimento. Fresnel desobstruída aproxima a hipótese ideal.
- Duplicar distância: densidade de potência $\div 4$, cerca de -6 dB; campo $\div 2$. Aumentar f aumenta perda entre ganhos fixos.
- Margem positiva é nível previsto acima da sensibilidade, não certeza de ligação.

L_{fs} : perda em espaço livre (dB); d_{km} : distância do percurso (km); f_{MHz} : frequência (MHz); $P_{RX,dBm}$, $P_{TX,dBm}$: potências recebida e emitida (dBm); G_{TX} , G_{RX} : ganhos das antenas emissora e receptora (dBi); L_{total} : soma de todas as perdas do percurso e instalação (dB); M : margem da ligação (dB); $P_{sens,dBm}$: potência mínima correspondente à sensibilidade do receptor (dBm). Incluir a perda de espaço livre em L_{total} , sem a contar duas vezes.

Exemplos: catl-219, catl-240, catl-241

32. Reflexão lunar e revisão

- Baixo ruído do receptor, ganho de antena e poucas perdas ajudam. Perigeu $\rightarrow$ menor distância lunar, menor perda, mantendo outras condições.
- Antes de calcular: identificar mecanismo, hora/percurso, frequência, polarização e obstáculos.
- Rever no módulo os casos de f_{oE}/f_{oF2} , scatter e diagramas. O banco contém formulações históricas com ressalvas; não decorar uma opção contra a explicação.

EME = percurso Terra-Lua-Terra; perdas muito elevadas.

Exemplos: catl-216, catl-223, catl-393

33. Do analógico aos bits

$$T_s = \frac{1}{f_s}$$

- Três etapas: amostragem $\rightarrow$ quantificação $\rightarrow$ codificação. T_s = intervalo entre amostras (s); f_s = amostras/s.
- Amostragem recolhe valores do sinal em instantes definidos. Quantificação escolhe um nível; codificação representa-o por bits.
- Formas de onda digitais podem transportar voz, imagem e dados; regeneração decide símbolos, mas erros podem ocorrer se a decisão falhar.

T_s : intervalo entre amostras (s); f_s : frequência de amostragem (amostras/s, Hz). ADC: conversão analógica/digital; DAC: digital/analógica.

Exemplos: catl-23, catl-24, catl-30, catl-312, catl-313, catl-314, catl-322, catl-323

34. Nyquist e aliasing

$$f_s > 2f_{max}$$

- Amostragem insuficiente pode fazer frequências diferentes parecerem iguais: aliasing. Depois de sobrepostas, não se separam só por filtragem digital.
- Filtro anti-alias analógico antes do ADC; margem de transição além do limite teórico. Reconstrução analógica depois do DAC.
- Sobreamostrar facilita filtragem/processamento; melhoria de SNR depende de ruído, conversor e tratamento.

f_s : frequência de amostragem (amostras/s, Hz); f_{max} : maior frequência do sinal de banda base (Hz). Sinal de banda base limitado em frequência.

Exemplos: catl-31, catl-324, catl-325, catl-326

35. Resolução e quantificação

$$N_{niveis} = 2^n \quad q = \frac{V_{FS}}{2^n}$$

- n bits $\rightarrow 2^n$ níveis. Mais bits diminuem o passo para a mesma gama; resolução nominal não é exactidão garantida.
- Ex.: 8 bits numa gama de 0–5 V $\rightarrow 256$ níveis; $q \approx 19,5$ mV. Identificar se a gama é unipolar ou bipolar.
- Ruído, não linearidade e saturação também limitam a conversão. Não confundir gama de tensão com número de níveis.

n : número de bits do conversor; N_{niveis} : número de níveis de quantificação; V_{FS} : gama total de tensão de entrada (V); q : passo de quantificação (V). Conversor ideal; contagens n e N sem unidade.

36. Bit/s, baud e símbolos

$$b = \log_2 M \quad R_b = R_s \log_2 M \quad b = \frac{R_b}{R_s}$$

- Ex.: 9600 bit/s e 4800 baud $\rightarrow 2$ bits/símbolo. Bit rate e baud rate só coincidem com um bit por símbolo.
- Para técnica comparável, aumentar taxa tende a exigir mais banda; não existe igualdade universal entre Hz e bit/s.
- Cabeçalhos, sincronização e protecção contra erros reduzem a taxa útil face à taxa transmitida.

R_b : débito binário (bit/s); R_s : taxa de símbolos (símbolos/s, baud); M : número de estados distintos de modulação; b : número de bits transportados por símbolo (bit/símbolo). Distinguir bit/s de símbolos/s.

Exemplos: catl-25, catl-28, catl-29

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

37. Reconhecer a modulação

- ASK: amplitude; FSK: frequência; PSK: fase; QAM: amplitude e fase. FM e PM são modulações angulares.
- PPM: varia o instante / posição do impulso, não necessariamente a sua altura ou duração.
- RTTY, Morse, PSK31 e packet são modos digitais. Morse usa elementos de durações diferentes; no osciloscópio um fluxo de dados aparece como padrão de impulsos.

Distinguir parâmetro que muda: amplitude, frequência, fase ou posição temporal.

Exemplos: catl-21, catl-26, catl-172, catl-173, catl-280, catl-306, catl-307, catl-308, catl-315, catl-316, catl-317

38. Códigos e erros

- ASCII representa caracteres, incluindo maiúsculas e minúsculas. Paridade detecta algumas classes de erro, sem detectar todos os padrões.
- CRC verifica integridade por redundância; FEC acrescenta redundância para permitir corrigir erros dentro dos limites do código.
- Convolução de dois impulsos rectangulares iguais → triangular. AMTOR = Amateur Teleprinting Over Radio; modo histórico de telegrafia de dados.

Distinguir representação de caracteres, detecção e correcção de erros.

Exemplos: catl-27, catl-32, catl-318, catl-319, catl-320, catl-415

39. Cadeia de recepção

$$f_{FI} = |f_{RF} - f_{LO}|$$

- Filtro RF → amplificação → misturador + LO → filtro/amplificação FI → detector → áudio.
- Mistura produz soma e diferença; seleccionar a componente pretendida. Conversão directa leva o sinal a banda base.
- Filtro de entrada rejeita sinais que poderiam converter-se para a mesma FI. Mais ganho global não torna, por si só, um receptor melhor.

f_{RF} : frequência do sinal de radiofrequência recebido (Hz); f_{LO} : frequência do oscilador local (Hz); f_{FI} : frequência intermédia (Hz). RF: radiofrequência; LO: oscilador local; FI: frequência intermédia.

Exemplos: catl-161

40. Imagem e ruído

$$f_{\text{imagem}} = f_{RF} + 2f_{FI}$$

$$f_{\text{imagem}} = |f_{RF} - 2f_{FI}| \quad P_n = k\Theta B$$

- Frequência imagem: outra RF que gera a mesma FI. Identificar primeiro LO alto/baixo; não trocar o lado da imagem.
- Ruído térmico é aleatório. A potência disponível aumenta com temperatura e banda de ruído.
- Reduzir banda ao necessário reduz ruído integrado; cortar informação desejada também degrada recepção.

f_{imagem} : frequência imagem (Hz); f_{RF} , f_{FI} : frequências do sinal desejado e intermédia (Hz); P_n : potência de ruído térmico (W); k : constante de Boltzmann: $1,380649 \times 10^{-23}$ J/K; Θ : temperatura absoluta (K); B : largura de banda equivalente de ruído (Hz). Imagem: oscilador local acima/abaixo do sinal desejado.

Exemplos: catl-18, catl-19, catl-20, catl-305

41. Sensibilidade e selectividade

$$F = \frac{SNR_{\text{in,linear}}}{SNR_{\text{out,linear}}} \quad NF = 10 \log_{10} F$$

- Sensibilidade: receber sinais fracos segundo um critério de qualidade. Selectividade: separar sinal útil dos próximos em frequência.
- Gama dinâmica: intervalo útil entre sinal fraco e limitação por sinais fortes. Não é igual ao ganho.
- Menor factor de ruído tende a preservar melhor SNR, nas mesmas condições. NF é F expresso em dB.

$SNR_{\text{in,linear}}$, $SNR_{\text{out,linear}}$: relações sinal/ruído de potência à entrada e saída, lineares (sem unidade); F : factor de ruído linear (sem unidade); NF : figura de ruído (dB). Converter SNR para razões lineares antes de calcular F.

Exemplos: catl-158, catl-159, catl-160, catl-162, catl-407

42. AGC, medidor S e captura

- AGC ajusta ganho para reduzir variações do nível de saída; não cria sensibilidade nem remove toda a interferência.
- Medidor S pertence ao receptor e indica nível de sinal conforme a calibração; não mede directamente a potência do emissor remoto.
- FM: efeito de captura pode favorecer o sinal mais forte na mesma frequência. Bloqueio/dessensibilização: sinal forte degrada a recepção; pré-selecção RF pode ajudar.

AGC: controlo automático de ganho; S: indicação de intensidade recebida.

Exemplos: catl-147, catl-151, catl-155, catl-156, catl-165, catl-166, catl-258, catl-260, catl-261, catl-290

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

43. AM, FM, PM e SSB

$$m = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}} \quad \beta_{\text{FM}} = \frac{\Delta f}{f_m}$$

$$B_{\text{FM}} \approx 2(\Delta f + f_{m,\max})$$

- AM varia amplitude; FM, frequência instantânea; PM, fase instantânea. Modulação transporta informação da banda base para a região da portadora.
- Carson: $B_{\text{FM}} \approx 2(\Delta f + f_{m,\max})$, aproximação. Ex.: 3 kHz de desvio + 2,5 kHz de áudio → 11 kHz de banda.
- SSB: uma banda lateral; requer linearidade. O índice AM de 100% não é um limite universal de SSB.

m : índice de modulação AM (sem unidade); $V_{\max}$, $V_{\min}$: tensões máxima e mínima da envolvente (V); β_{FM} : índice de modulação FM (sem unidade); Δf : desvio de frequência de pico (Hz); f_m : frequência modulante sinusoidal (Hz); $f_{m,\max}$: frequência modulante máxima (Hz); B_{FM} : largura de banda FM estimada (Hz). Relações de AM e estimativa de Carson para FM.

Exemplos: catl-167, catl-168, catl-169, catl-170, catl-176, catl-278, catl-321, catl-372, catl-399

44. Emissão: níveis e linearidade

$$f_{\text{out}} = n f_{\text{in}} \quad \Delta f_{\text{out}} = n \Delta f_{\text{in}}$$

- Cadeia típica: áudio/dados → modulação → conversão RF → amplificação → filtragem → linha/antena.
- AM/SSB e sinais de envolvente variável precisam de amplificação linear; excesso de excitação produz distorção e ocupação de canais adjacentes.
- PSK31: ajustar níveis com atenção ao ALC e ao espectro. Multiplicar frequência FM multiplica também o desvio; verificar banda final.

f_{in} , f_{out} : frequências de entrada e saída (Hz); Δf_{in} , Δf_{out} : desvios de frequência de pico à entrada e saída (Hz); n : factor inteiro de multiplicação (sem unidade). ALC: controlo automático de nível. Multiplicação ideal.

Exemplos: catl-175, catl-177, catl-278, catl-309

45. Oscilação e realimentação

$$|A\beta_{\text{fb}}| = 1 \quad \arg(A\beta_{\text{fb}}) = 2\pi k$$

- Oscilador gera sinal periódico sem excitação periódica externa; requer energia da alimentação.
- Amplificador + rede de realimentação positiva selectiva. Arranque exige ganho suficiente; não confundir condição de regime com arranque.
- Num LC, L e C determinam a frequência; perdas, carga, alimentação e temperatura alteram o circuito real.

A : ganho complexo do amplificador (sem unidade); β_{fb} : factor complexo de realimentação (sem unidade); $\arg(A\beta_{\text{fb}})$: fase do ganho de malha (rad); k : número inteiro de voltas de fase (sem unidade); L : indutância (H); C : capacidade (F). Condição ideal em regime sustentado.

Exemplos: catl-126, catl-128, catl-129, catl-130, catl-132

46. Hartley, Colpitts e Pierce

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- Hartley → divisor indutivo / bobina com tomada. Colpitts → divisor capacitivo.
- Pierce → cristal de quartzo na rede de realimentação. Osciladores RC com AMPOP limitados por resposta em frequência e ganho do dispositivo.
- Gunn: resistência diferencial negativa em semiconductor adequado. Exige distinguir o princípio da realimentação LC convencional.

f_0 : frequência de ressonância (Hz); L : indutância equivalente do circuito ressonante (H); C : capacidade equivalente do circuito ressonante (F). Identificar a topologia; usar L e C equivalentes do ressonador.

Exemplos: catl-131, catl-133, catl-134, catl-135, catl-136, catl-403

47. VCO e blocos da PLL

- Comparador de fase/frequência → filtro da malha → VCO. Divisor no retorno compara saída dividida com referência.
- Correção ajusta fase/frequência; detector de envolvente não é o comparador de fase da PLL.
- Gama de captura: desvios iniciais em que consegue adquirir sincronismo. Estar sintonizado perto não prova bloqueio da malha.

PLL = Phase Locked Loop; VCO = oscilador controlado por tensão.

Exemplos: catl-138, catl-140, catl-141, catl-152, catl-276, catl-380, catl-406

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

48. Síntese integer-N e ppm

$$f_{\text{PFD}} = \frac{f_{\text{ref}}}{R} \quad f_{\text{out}} = \frac{N}{R} f_{\text{ref}}$$

$$|\Delta f| = f |p| 10^{-6}$$

- Em bloqueio ideal, frequência de comparação é f_{ref}/R e saída é N vezes essa frequência.
- Erro em ppm é relativo: 0,1 ppm de 146 520 000 Hz → 14,652 Hz; 1 ppm → 146,52 Hz.
- Estabilidade da referência, filtro, VCO e divisores condicionam resultado; não confundir passo de sintonia com exactidão.

N, R : factores inteiros dos divisores de realimentação e referência (sem unidade); f_{PFD} : frequência no detector de fase/frequência (Hz); f_{ref} : frequência de referência (Hz); f_{out} : frequência de saída (Hz); f : frequência nominal avaliada (Hz); p : erro relativo de frequência (ppm); $|\Delta f|$: módulo do erro absoluto de frequência (Hz). Síntese integer-N ideal; p expresso em partes por milhão.

Exemplos: catl-153, catl-244, anacom-catl-002

49. Ruído de fase e mistura recíproca

- Portadora real apresenta energia em redor da frequência central. Ruído de fase não é apenas erro fixo de frequência.
- No receptor, ruído de fase do LO pode misturar energia de um sinal forte próximo para a banda útil: mistura recíproca.
- Boa estabilidade média não garante baixo ruído de fase. Comparar medições com o mesmo afastamento e largura de referência.

Ruído de fase é habitualmente caracterizado em dBc/Hz, a um afastamento especificado.

Exemplos: catl-139, catl-180, catl-413

50. DDS: blocos e passo

$$f_{\text{out}} = \frac{K}{2^n} f_{\text{clk}} \quad \delta f = \frac{f_{\text{clk}}}{2^n}$$

- Referência/relogio → NCO (acumulador e síntese numérica) → DAC → filtro de reconstrução.
- Mais bits no acumulador reduzem o passo ideal. Frequência de saída e qualidade espectral dependem também do relógio, DAC e filtragem.
- Não confundir a resolução de sintonia com número de bits de amplitude do DAC; há imagens espectrais e espúrios reais.

f_{out} : frequência de saída (Hz); f_{clk} : frequência do relógio (Hz); n : número de bits do acumulador; K : palavra inteira de sintonia (sem unidade); δf : passo de frequência (Hz). Acumulador de fase de n bits.

Exemplos: catl-369

51. Escolher o instrumento

- Osciloscópio → tensão ao longo do tempo; canais horizontal e vertical; forma de onda e fase. Analisador espectral → amplitude/potência versus frequência.
- Frequencímetro → frequência. Dip-meter usa oscilador variável e detecta ressonância por acoplamento.
- Analisador de antenas mede impedância/VSWR com fonte própria típica; ponte SWR simples usa RF externa.

Identificar primeiro a grandeza e o domínio de apresentação.

Exemplos: catl-13, catl-247, catl-248, catl-249, catl-251, catl-252, catl-253, catl-254, catl-257, catl-285, catl-302, catl-311

52. Carga do instrumento e banda

$$V_{\text{medido}} = V_{\text{fonte}} \frac{R_m}{R_s + R_m}$$

- Voltímetro: em paralelo e impedância elevada. Amperímetro: em série e impedância baixa. Ohmímetro: circuito desligado e condensadores descarregados.
- Instrumento e sonda carregam o circuito. Para onda quadrada, medir eficaz exige banda para harmónicas relevantes, não só a fundamental.
- Confirmar tensão/corrente máximas, categoria de utilização, terminação e frequência antes de ligar.

V_{medido} : tensão indicada pelo voltímetro (V); V_{fonte} : tensão da fonte em vazio (V); R_m : resistência de entrada do voltímetro (Ω); R_s : resistência interna da fonte (Ω). Equivalente resistivo da fonte e do instrumento.

Exemplos: catl-245, catl-246, catl-374

53. Fase, pico e valor eficaz

$$|\varphi| = 360^\circ \frac{|\Delta t|}{T} \quad V_{\text{pp}} = 2V_p \quad V_{\text{rms}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

- Comparar sinais de mesma frequência: desfaseamento = fracção do período × 360°. Lissajous: modo XY permite observar relação de fase.
- Não usar $V_p/\sqrt{2}$ para qualquer forma de onda. Onda quadrada simétrica ideal $\pm V_p$: $V_{\text{rms}} = V_p$.
- Ex.: senoide com $V_p = 30$ V numa carga de 50Ω → $P = V_p^2/(2R) = 9$ W.

φ : desfaseamento ($^\circ$); Δt : diferença temporal entre pontos homólogos dos sinais (s); T : período do sinal (s); $V_p, V_{\text{pp}}, V_{\text{rms}}$: tensões de pico, pico a pico e eficaz (V); P : potência média (W); R : resistência da carga (Ω). Relações de tensão válidas para senoide centrada em zero.

Exemplos: catl-14, catl-242, catl-246, catl-303

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

54. dB, dBm e leitura S

$$G = 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \quad G_V = 20 \log_{10} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$P_{dBm} = P_{dBW} + 30$$

- +3 dB $\approx$ potência $\times 2$; +10 dB $\rightarrow \times 10$; +20 dB $\rightarrow \times 100$ em potência, ou $\times 10$ em tensão com mesma impedância.
- dBm refere 1 mW; dBW refere 1 W. Cascata soma ganhos e subtrai perdas em dB.
- S9 + 20 dB: 100x a potência relativa a S9 se o instrumento estiver calibrado. Uma unidade S é convencionalmente cerca de 6 dB, não garantia do mostrador.

G, G_V : ganhos de potência e de tensão (dB); P_1, P_2 : potências à entrada e à saída (W); V_1, V_2 : tensões à entrada e à saída (V); P_{dBm}, P_{dBW} : níveis de potência referidos a 1 mW (dBm) e 1 W (dBW). Comparar tensões em cargas de igual impedância para equivalência de potência.

Exemplos: catl-157

55. Potência e PEP

$$P_{\text{absorvida}} = P_i - P_r \quad \text{PEP} = \frac{V_p^2}{2R}$$

$$\text{PEP} = \frac{V_{pp}^2}{8R}$$

- Na carga, potência absorvida = incidente – reflectida, no mesmo plano. Ex.: 100 W – 25 W = 75 W.
- PEP: média num ciclo de RF no pico da envolvente. Wattímetro de pico acompanha melhor fonia SSB que leitura média.
- PEP/média de voz depende da forma de onda e processamento; o valor histórico típico não é uma constante universal.

P_i, P_r : potências incidente e reflectida (W); $P_{\text{absorvida}}$: potência absorvida pela carga (W); PEP: potência de pico da envolvente (W); V_p, V_{pp} : tensões RF de pico e pico a pico no máximo da envolvente (V); R : resistência da carga (Ω). Carga resistiva; RF sinusoidal no máximo da envolvente.

Exemplos: catl-122, catl-243, catl-256, catl-289

56. Rendimento, duty e protecção

$$\eta = \frac{P_{RF, \text{out}}}{P_{DC}} \quad D = \frac{t_{\text{on}}}{T} \quad P_{\text{media}} = DP_{\text{on}}$$

- Rendimento RF = saída RF / alimentação DC. Calor depende da diferença e da potência de entrada RF quando relevante.
- Impulsos rectangulares: potência média = $D \times$ potência activa. Emissão digital prolongada aumenta exigência térmica do andar final.
- Antes de ligar analisador à saída TX: carga/atenuação adequadas, limites de potência e bloqueio de DC quando necessário.

η : rendimento, entre 0 e 1 (sem unidade); $P_{RF, \text{out}}$: potência RF de saída (W); P_{DC} : potência contínua de alimentação (W); D : fracção activa do ciclo (sem unidade); t_{on} : duração activa de cada impulso (s); T : período de repetição (s); $P_{\text{media}}, P_{\text{on}}$: potências média e durante o impulso (W). Impulsos de potência constante durante o intervalo activo.

Exemplos: catl-22, catl-255, anacom-catl-006

57. Passa-baixo, alto e banda

$$B_{3dB} \approx \frac{f_0}{Q}$$

- Passa-baixo conserva frequências abaixo do corte; passa-alto acima; passa-banda uma faixa. Identificar componentes série e em derivação.
- FI demasiado larga deixa entrar mais sinais e ruído; demasiado estreita corta informação.
- Q maior $\rightarrow$ banda mais estreita para mesma f_0 . Ex.: 7,1 MHz / 150 $\approx$ 47,3 kHz.

B_{3dB} : largura de banda entre pontos de meia potência (Hz); f_0 : frequência central/de ressonância (Hz); Q : factor de qualidade (sem unidade). Aproximação em torno de uma ressonância.

Exemplos: catl-79, catl-81, catl-82, catl-88, catl-117

58. Redes T e π

- π passa-baixo clássico: C em derivação à entrada + L série + C em derivação à saída.
- T com C nos dois braços série e L em derivação $\rightarrow$ passa-alto no modelo indicado. Redes também transformam impedâncias.
- Sintonizadores T e π têm no mínimo três elementos reactivos nas topologias de estudo. Confirmar figura; não decidir só pela letra T/ π .

L: indutância (H); C: capacidade (F). Olhar entre entrada, saída e referência: série versus shunt (derivação).

Exemplos: catl-89, catl-215, catl-397

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

59. Cristais e filtros activos

$$\tau = RC \quad f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

- Quartzo usa ressonância mecânica/electromecânica; elevado Q permite banda estreita. Filtros de cristal são usados na selectividade.
- AMPOP permite filtro activo com ganho; componentes LC passivos apresentam perdas de inserção. AMPOP tem limites de banda e excursão.
- RC: $\tau = RC$ (s); corte de primeira ordem = $1/(2\pi RC)$, com R em Ω e C em F.

τ : constante de tempo (s); R: resistência (Ω); C: capacidade (F); f_c : frequência de corte do circuito RC (Hz); Q: factor de qualidade (sem unidade). Relações de constante de tempo e corte para RC de primeira ordem.

Exemplos: catl-66, catl-87, catl-90, catl-174

60. FIR, IIR e resposta em fase

- FIR transversal típico: sem realimentação; pode ter fase linear com coeficientes apropriados. IIR típico: realimentação; verificar estabilidade.
- DSP permite mudar largura/formato do filtro e reduzir certas componentes de ruído; não recupera informação já perdida ou saturada.
- Fase não linear altera atrasos relativos das componentes; pode deformar impulsos e prejudicar modos digitais.

FIR: Finite Impulse Response; IIR: Infinite Impulse Response.

Exemplos: catl-80, catl-142, catl-143, catl-144, catl-145, catl-146, catl-148

61. Fourier, FFT e resolução

$$\Delta f_{\text{bin}} = \frac{f_s}{N} \quad T_{\text{obs}} = \frac{N}{f_s}$$

- Transformada de Fourier relaciona representação no tempo e na frequência. Sinal periódico ideal $\rightarrow$ linhas discretas nas harmónicas.
- FFT = Fast Fourier Transform, algoritmo de cálculo da DFT. Mais tempo de observação reduz espaçamento dos bins.
- Janela reduz fuga espectral mas altera largura dos picos; espaçamento de bins não é, sozinho, resolução de dois tons.

f_s : frequência de amostragem (amostras/s, Hz); N: número de amostras analisadas; T_{obs} : tempo de observação (s); Δf_{bin} : espaçamento entre bins da FFT (Hz). Espaçamento entre bins não garante separar dois sinais.

Exemplos: catl-149, catl-150, catl-414

62. Analisador: procedimento

- Definir frequência central, span, resolução de banda e nível de referência. Procurar fundamental, harmónicas e produtos de mistura.
- Usar atenuador/carga compatíveis; nunca aplicar potência TX directamente sem verificar o limite. Saturação do analisador pode fabricar espúrios.
- Comparar sinais com as mesmas unidades e banda de resolução. Filtro de FI, filtro de saída TX e janela FFT resolvem problemas diferentes.

Eixo horizontal: frequência; vertical: amplitude/potência, segundo configuração.

Exemplos: catl-255, catl-257, catl-401, anacom-catl-004

63. Harmónicas e intermodulação

$$f_{\text{IM3,a}} = |2f_1 - f_2| \quad f_{\text{IM3,b}} = |2f_2 - f_1|$$

- Harmónicas: múltiplos de uma fundamental. Intermodulação: combinação de sinais distintos numa não linearidade.
- IM3 perto dos sinais úteis é difícil de filtrar. Misturador sobrecarregado também gera produtos espúrios.
- Bloqueio: sinal forte degrada sensibilidade. Não confundir emissão espúria do TX com produto criado no RX ou no instrumento.

f_1, f_2 : frequências dos dois sinais de entrada (Hz); $f_{\text{IM3,a}}, f_{\text{IM3,b}}$: frequências dos produtos de intermodulação de terceira ordem (Hz). Usar a mesma unidade para todas as frequências.

Exemplos: catl-118, catl-119, catl-127, catl-163, catl-259, catl-262, catl-394

64. Investigar interferência

- Comparar emissão ligada/desligada, potência, bandas e carga artificial. Confinar a RF ajuda a distinguir radiação da antena de fugas e condução.
- Inspeccionar fontes, cabos, ferrites, filtros, juntas e modo comum. Laços de terra podem captar/injectar ruído por caminhos múltiplos.
- Ouvir a queixa, investigar e colaborar. Não presumir culpa nem negar o problema sem ensaio.

Diagnóstico com condições controladas e segurança eléctrica/RF.

Exemplos: catl-291, catl-349, catl-377

Prioridade temática pelo banco histórico; não prevê o exame. Cobertura individual por validar.

65. UIT, CEPT, HAREC e IARU

- UIT: quadro internacional de radiocomunicações. CEPT T/R 61-01: enquadramento da licença CEPT; T/R 61-02: certificado harmonizado HAREC.
- HAREC comprova qualificação segundo o enquadramento; não é, sozinho, uma autorização universal de emissão.
- IARU: coordenação/recomendações de utilização; plano de banda não substitui atribuição ou autorização nacional.

Mapa conceptual; confirmar condições aplicáveis na fonte oficial datada.

Exemplos: catl-181, catl-266, catl-288, catl-382

66. Rede gama: compensar reactância

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

- Na rede gama, o condensador série compensa a componente indutiva. A sua função principal não é filtrar harmónicas.
- Ex.: $f = 14,2 \text{ MHz}$, $Z = 50 + j50 \Omega$. Com $X_C = 50 \Omega$, $C \approx 224 \text{ pF}$: resulta $50 + j0 \Omega$ no modelo série.
- É um exemplo de anulação de reactância, não o dimensionamento completo de uma rede gama; as perdas resistivas permanecem.

X_C : reactância capacitiva (Ω); f : frequência de trabalho (Hz); C : capacidade de compensação (F); Z : impedância complexa (Ω); j : unidade imaginária, $j^2 = -1$ (sem unidade). Exemplo ideal de compensação série à frequência indicada.

Exemplos: catl-92

Fontes: [ARRL](#) · [E9E04](#)

67. Componentes: modelo e ficha técnica

- Schottky RF: comutação rápida; escolher baixa C_j verificando a ficha. Ser Schottky não garante capacidade inferior à de qualquer diodo PN.
- FET adequado a UHF/SHF: verificar ganho, potência e banda. Varicap controla capacidade; SCR/triac não substituem um amplificador RF.
- AMPOP ideal: entrada infinita, saída nula. No real, realimentação negativa reduz Z_{out} ; frequência, corrente e carga capacitiva limitam o comportamento.

C_j : capacidade de junção (F); Z_{in} , Z_{out} : impedâncias de entrada e saída (Ω). Comparar à frequência e polarização de trabalho.

Exemplos: catl-354, catl-368, catl-388

Fontes: [Infineon](#) · [BATIS](#) · [TI](#) · [AMPOP](#) · [Qorvo](#) · [FET RF](#)

68. VCO, PLL e modulação angular

$$\beta_{FM} = \frac{\Delta f}{f_m} \quad \beta_{PM} = \Delta \varphi_{\max}$$

- VCO: tensão varia a frequência; aplicar um sinal modulante pode produzir FM. A existência de PLL não significa modulação de amplitude.
- Numa PLL, o ponto de injeção e a banda da malha determinam como a modulação é seguida ou contrariada pela correcção.
- PM pode usar uma rede sintonizada cuja fase varia com a sintonia comandada pelo áudio. É uma implementação possível, não a definição de todos os moduladores.

Δf : desvio de frequência de pico (Hz); f_m : frequência modulante sinusoidal (Hz); $\Delta \varphi_{\max}$: desvio de fase de pico (rad); β_{FM} , β_{PM} : índices de modulação FM e PM (sem unidade). Modulante sinusoidal; índices diferentes para FM e PM.

Exemplos: catl-275, catl-277

Fontes: [ADI](#) · [PLL/FM](#) · [ADI](#) · [modulador de fase](#)